

# Osteotomie bei Zugängen zum Kniegelenk

## Tuberositas tibiae, Epicondylus femoris lateralis und Caput fibulae

**Operationen am Kniegelenk werden in der überwiegenden Zahl der Fälle arthroskopisch oder unter Verwendung bekannter weichteiliger Standardzugänge durchgeführt [3, 22]. Zur übersichtlichen Darstellung des lateralen femorotibialen Gelenks und des lateralen Tibiakopfes, insbesondere bei Verletzungen in dieser Region oder für sekundäre rekonstruktive Maßnahmen, reichen die weichteiligen Zugänge nicht immer aus [13, 42]. Arthrofibrose, tiefstehende Patella und vorbestehende erhebliche Bewegungseinschränkungen verhindern ein Evertieren oder eine genügende Lateralisation der Patella und damit eine ausreichende Übersicht über das Kniegelenk bei Primär- und insbesondere bei der Revisionsendoprothetik.**

Mit der Osteotomie der Tuberositas tibiae, des Epicondylus femoris lateralis sowie des Caput fibulae stehen drei Verfahren zur Verfügung, auch in diesen Fällen eine befriedigende Übersicht zu ermöglichen.

### Osteotomie der Tuberositas tibiae

Der bikondyläre Oberflächenersatz des Kniegelenks ist eine häufig durchgeführte und standardisierte Operation zur Behandlung der symptomatischen Arthrose des Kniegelenks. 5–10% der Patienten benötigen jedoch nach 10–15 Jahren einen

Prothesenwechsel [4, 23, 34]. Die adäquate Exposition des operativen Situs ist in diesen Fällen eine absolute Voraussetzung, um einen erfolgreichen Prothesenwechsel durchführen zu können. Ausgeprägte Deformitäten, peripatellare Kontrakturen, Entzündungen der Gelenkkapsel und ein ausgeprägter Patellatiefstand können die Darstellung in Revisionsfällen jedoch erheblich erschweren. Insbesondere nach tiefen Weichteilinfekten kommt es häufig zu ausgeprägten Kontrakturen im Bereich des Extensormechanismus, welche eine Evertierung der Patella nur unter erheblicher Spannung auf den Patellarsehnenansatz ermöglichen.

Die beschriebene Rate an Patellarsehnenrupturen im Zusammenhang mit der Implantation einer primären Kniegelenkprothese ist gering [7, 31, 36]. Sie steigt jedoch bei Revisionseingriffen und stellt eine sehr ernste Komplikation dar, denn das funktionelle Ergebnis nach Behandlung dieser Komplikation ist in den meisten Fällen schlecht [32].

Rand et al. [36] berichteten in ihrer Serie von 18 Patienten mit Patellarsehnenruptur, von denen 16 mit einer primären Naht rekonstruiert wurden, von nur 25% Heilungsrate. Emerson et al. [16] beschrieben in diesem Zusammenhang ebenfalls schlechte Resultate nach primärer Naht der Patellarsehne bei 12 Patienten. Auch nach der Rekonstruktion des Streckapparats durch allogene Transplantate zeigten sich bei 3 von 9 Kniegelenken Bewegungsdefizite von  $>20^\circ$  [17]. Der Einsatz eines künstlichen Transplan-

tats führte trotz Rekonstruktion sogar zu einem Streckdefizit von  $60^\circ$  [20].

In den Fällen, in denen eine Exposition des Kniegelenks nicht oder nur unter erhöhter Spannung auf die Patellarsehne mit der Gefahr einer Patellarsehnenruptur erreicht werden könnte, genügen Standardzugänge nicht. Um auch in diesen Fällen eine gute Exposition zu ermöglichen, wurden verschiedene Techniken wie die VY-Plastik des M. quadriceps femoris, die „Intervention-turndown-Procedure“ oder der „quadriceps snip“ mit und ohne Kombination mit einem „lateral release“ beschrieben [2, 15, 41, 45].

Bereits 1943 wurde von Coonse u. Adams [10] die sog. VY-Plastik, eine Technik zur Transsektion der Quadrizepssehne, beschrieben, um eine bessere Exposition des kontrahierten Kniegelenks zu erreichen. Diese Technik erfordert jedoch eine postoperative Immobilisation, um eine adäquate Heilung der Sehne zu erreichen. Darüber hinaus resultierte postoperativ nicht selten ein Streckdefizit [29]. Insall [25] präsentierte eine Modifikation dieser Technik, den sog. „intervention turndown“. Im Vergleich zur VY-Plastik wird hier der mediale parapatellare Zugang erweitert und die inferioren lateralen Gefäße der A. geniculata erhalten. Ein paar Jahre später wurde von Garvin et al. [21] als weitere Variante der „quadriceps snip“ entwickelt. Für diese Techniken werden einerseits gute klinische Ergebnisse, andererseits aber auch ernste Komplikationen beschrieben [50]. Sie beinhalten ein erhebliches Potential zur

Schädigung und Fibrosierung des Extensormechanismus [47].

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Exposition, insbesondere bei Revisionsoperationen des kontrakten Kniegelenks, ist die Osteotomie der Tuberositas tibiae [1, 6, 38], welche von Dolin [14] 1983 vorgestellt und durch Whiteside u. Ohl [46] weiter verbreitet wurde. Diese Technik hat den Vorteil, dass trotz einer ausgezeichneten Exposition die Durchblutung der Patella und der Quadrizepssehne geschont werden kann. Es erfolgt eine knöcherne Heilung [50].

Der Zugang kann darüber hinaus bei dem Wechsel der tibialen Prothesenkomponente Vorteile bringen [32] und im Falle eines ausgeprägten Patellatiefstands kann dieser bei Refixierung des Knochenfragments teilweise oder ganz korrigiert werden [43].

### Biomechanische Aspekte zur Osteotomie der Tuberositas tibiae

Trotz der theoretischen Vorteile der Tuberositasosteotomie im Vergleich zum „quadriceps snip“ oder der „VY-Plastik“ hat sich der Einsatz aufgrund möglicher schwerer Komplikationen wie verzögerter Heilung, Pseudarthrose, Auslockerung und Proximalwanderung des Tuberositasfragments mit Funktionsverlust des Extensormechanismus nicht umfassend verbreitet [47]. Einer soliden Refixation des Tuberositasfragments kommt daher eine entscheidende Bedeutung zu.

### » Einer soliden Refixation des Tuberositasfragments kommt eine entscheidende Bedeutung zu

Biomechanisch sollte die refixierte Tuberositas tibiae demnach eine hohe maximale Ausreißkraft aufweisen und eine geringe Elongation unter zyklischer Belastung.

Davies et al. [11] verglichen die biomechanischen Eigenschaften von Schrauben und Cerclagefixationstechniken der Tuberositas tibiae mit und ohne additiver Stufe am proximalen Aspekt der Osteotomie. In ihren Resultaten zeigte die Refixation mittels 2 bikortikal postero-

Orthopäde 2013 · 42:332–340 DOI 10.1007/s00132-012-2008-6  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

O. Lorbach · K. Anagnostakos · D. Kohn

## Osteotomie bei Zugängen zum Kniegelenk. Tuberositas tibiae, Epicondylus femoris lateralis und Caput fibulae

### Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag stellen wir drei Osteotomien vor, die im Rahmen operativer Zugänge am Kniegelenk verwendet werden. Sie ermöglichen bei vertretbarer Morbidität eine breite Übersicht und kommen dort zum Einsatz, wo ein weichteiliger Zugang nicht ausreicht oder mit einem zu großen Gewebetrauma verbunden wäre. In jedem Fall ist eine sichere Refixierung des abgelösten Knochenstückes erforderlich. Die Osteotomie der Tuberositas tibiae erlaubt eine sinnvolle Erweiterung des operativen Zugangs bei kontrakten Gelenken zur primären, insbesondere aber zur Revisionsknieendoprothetik. Mit der Osteotomie kann eine bessere Sicht ohne Gefahr eines Patellarsehnenabrisses erreicht werden. Die Durchblutung der Patella und der Weichteile an der Knievorderkante wird geschont. Das funktionelle Ergebnis ist im Vergleich zu alternativen weichteiligen Erweiterungen wie der „VY-Plastik“ oder dem „quadriceps snip“ besser, da eine Durchtrennung von Sehnen und Muskeln des Streckappa-

rats unterbleibt. Die Osteotomie des Epicondylus femoris lateralis mit temporärer Desinsertion von Außenband und Popliteussehne erlaubt eine exzellente Darstellung von dorsolateraler Gelenkecke und nach Eröffnung der Kapsel auch des lateralen Tibiaplateaus. Dies ist zur Versorgung mancher lateraler Tibiakopffrakturen von Vorteil. Eine weitere Anwendung dieses Zugangs findet sich bei Patienten, bei denen eine Transplantation des Außenmeniskus durchgeführt wird. Die Osteotomie des Fibulaköpfchens erlaubt eine übersichtliche Darstellung der dorsolateralen Gelenkecke und des lateralen Tibiaplateaus. Bei Beachtung und Schonung des N. peroneus besitzt auch dieses Verfahren eine geringe Morbidität und eine entsprechend niedrige Komplikationsrate.

### Schlüsselwörter

Fibulaköpfchen · Zugang, operativer · Revisionsknieendoprothetik · Tibiakopffrakturen

## Osteotomy for approaches to the knee joint. Tibial tubercle, lateral epicondyle of the femur and head of the fibula

### Abstract

The present article summarizes the different osteotomy techniques for an extension of standard surgical approaches to the knee joint in selected patients. The aim is to achieve satisfactory exposure and reduce potential postoperative complications compared to alternative techniques, such as the V-Y plasty or the quadriceps snip procedures. Osteotomy of the tibial tubercle is a reasonable extension of the anteromedial or the anterolateral surgical approach in selected patients undergoing revision total knee replacement. This osteotomy will provide excellent surgical exposure of the knee without the risk of avulsion of the patellar tendon and will preserve the blood supply of the patella and the surrounding soft tissue. Moreover, functional clinical outcome will be improved by

minimizing damage to the extensor mechanism. Osteotomy of the lateral femoral condyle gives excellent exposure of the posterolateral aspect of the knee joint which might be necessary in some patients with fractures of the posterolateral tibial plateau as well as patients undergoing open allograft transplantation of the lateral meniscus. An alternative option for an extended exposure to the posterolateral knee joint is accomplished by osteotomy or partial resection of the fibular head which is also described as having good clinical results and a low complication rate.

### Keywords

Fibula head · Approach, operative · Revision total knee replacement · Tibial head fractures

medial und posterolateral eingebrachter 3,5-mm-Schrauben eine signifikant höhere maximale Versagenslast im Vergleich zur Fixation mittels 3 bzw. 4 Stahlcercclagen. Eine zusätzliche Stufe am proximalen Aspekt der Osteotomie zeigte einen klaren Trend, sowohl bezüglich

einer Erhöhung der maximalen Versagenslast, als auch bezüglich einer verringerten Elongation. Dieser Trend war jedoch statistisch nicht signifikant.

Während diese Arbeit nur die statischen biomechanischen Eigenschaften bei 0° Flexion testete, wurden von

Caldwell et al. [8] die biomechanischen Eigenschaften nach verschiedenen Fixationsverfahren der Tuberositas unter zyklischer Belastung bei einer Zugrichtung von 0° und 25° zur Osteotomieebene getestet.

Die Fixationen wurden jeweils mit 400 N für 500 Zyklen belastet, bevor die maximale Versagenslast getestet wurde. 400 N entsprechend der durchschnittlichen applizierten Kraft auf die Tuberositas im Rahmen eines aktiven Anhebens des gestreckten Beins [8, 11]. In den Ergebnissen zeigten sowohl die Schraubefixation, als auch die Fixationen mittels Cerclagen lediglich eine geringe Elongation unter zyklischer Belastung. Auch hier zeigte sich jedoch die geringste Elongation für die Fixation mittels zwei 3,5-mm-Kortikalisschrauben bei 25°.

Die Autoren schlussfolgerten aus ihren Ergebnissen, dass die gemessenen Unterschiede möglicherweise zu gering sind, um eine klinische Relevanz zu haben. Sie empfehlen jedoch eine Refixation mit Schrauben, wenn diese adäquat eingebracht werden können. Darüber hinaus waren die Unterschiede ausgeprägter in 25° Zugrichtung, welche dem Zug auf die Tuberositas bei voller Extension des Kniegelenks entspricht.

Folgt man den Resultaten dieser biomechanischen Studien sollte insbesondere bei schweren Patienten ein aktives Anheben des gestreckten Beins vor dem Einsetzen der knöchernen Heilung vermieden werden, um ein frühes Versagen der Fixation zu vermeiden.

### Klinische Ergebnisse der Tuberositasosteotomie

Die Ergebnisse in der Literatur sind variabel und schwer zu interpretieren, da es hier schon per se um eine Gruppe von Patienten mit einem erhöhten Komplikationspotential handelt. Es ist daher schwierig, die beschriebenen Komplikationen im Rahmen der Endoprothetik und Revisionsendoprothetik selektiv in Bezug auf die Komplikationen durch die additive Osteotomie zu evaluieren.

Piedade et al. [35] untersuchten an einem großen Patientengut die Frage, ob eine Tuberositasosteotomie eine sichere Prozedur im Rahmen der Knieendopro-

thetik darstellt. 126 Knieprothesen, bei denen eine additive Osteotomie der Tuberositas tibiae durchgeführt wurde, wurden mit den Ergebnissen von 1348 Knieendoprothesen ohne additive Osteotomie verglichen. Nach einem minimalen Nachuntersuchungszeitpunkt von 24 Monaten zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich der Revisionsrate zwischen den Gruppen. Das Auftreten von Hautnekrosen und Frakturen der Tuberositas tibiae waren allerdings in der Osteotomiegruppe signifikant erhöht. Die Autoren schlussfolgerten, dass die additive Tuberositasosteotomie mit den entsprechenden lokalen Komplikationen einhergehen kann und daher nur eingesetzt werden sollte, wenn dies für eine adäquate Exposition des operativen Situs erforderlich ist.

Van den Broek et al. [43] berichteten von den Ergebnissen einer „Step-cut-Tuberositasosteotomie“ im Rahmen der Revisionsknieendoprothetik bei 39 Patienten. Nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 28 Monaten verbesserte sich der eingesetzte Knie score durchschnittlich von präoperativ 72 auf 125 von 200 möglichen Punkten. Die Flexion verbesserte sich von 81 auf 93° und die VAS (visuelle Analogskala) für Zufriedenheit erreichte einen postoperativen Wert von 70 von 100 möglichen Punkten.

Die kritische Analyse des „step cut“ zeigte in 9 von 37 Fällen eine unzureichende Tiefe proximal. Dies führte jedoch lediglich bei 2 Patienten zu einer Migration der Tuberositas tibiae. Drei Patienten berichteten über persistierende Beschwerden im Bereich der Osteotomie. Nach Entfernung des Osteosynthesematerials 6–8 Monate postoperativ waren diese Beschwerden jedoch rückläufig. Ein Patient mit einem ausgeprägten Streckdefizit von 20° musste mittels VY-Plastik revidiert werden. Eine Konsolidierung der Osteotomie wurde bei allen Patienten innerhalb eines Monats postoperativ erreicht.

Dean et al. [12] beschrieben eine Technik der Tuberositasosteotomie als Zugang für die Revisionsknieendoprothetik, bei der die Refixation mittels Etibond-Nähten durchgeführt wurde, um die mit Osteosynthesematerial assoziierten Probleme zu reduzieren. Die Autoren berichteten, dass mit der beschriebenen Opera-

tionstechnik in ihrem Kollektiv keine Osteotomie revidiert werden musste. Klinische Ergebnisse im Detail bleiben die Autoren jedoch schuldig.

Ries u. Richman [37] berichteten von ihren Ergebnissen nach Einsatz einer modifizierten Tuberositasosteotomie in der Revisionsknieendoprothetik bei 18 Patienten. Alle Osteotomien (bis auf eine) heilten primär ohne Migration des Tuberositasfragments und es wurde keine postoperative Wundkomplikation beobachtet. Bei 4 Patienten war jedoch eine Entfernung des Osteosynthesematerials aufgrund einer prominenten Schraube erforderlich. Die Autoren schlussfolgerten aus ihren Ergebnissen, dass die Tuberositasosteotomie als Zugang bei erschwerter Exposition in der Knieendoprothetik eine effektive Methode darstellt.

Auch Dolin [14] und Whiteside u. Ohl [46] beschrieben jeweils in den Ergebnissen ihrer modifizierten Tuberositasosteotomie, dass es im postoperativen Verlauf zu keinem Versagen der Fixation oder zur Pseudarthrose der Osteotomie gekommen war.

Chalidis u. Ries [9] evaluierten die Ergebnisse von 74 Patienten nach Tuberositasosteotomie im Rahmen der Revisionsknieendoprothetik. Nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitpunkt von 49 Monaten zeigte sich auch hier in allen Fällen eine geheilte Osteotomie. Dabei ergab sich bei den Patienten mit intramedullärer Osteotomie im Vergleich zu Patienten mit extramedullärer Osteotomie eine signifikant verlängerte Konsolidierungszeit (12 vs. 21 Wochen). Eine Avulsion der Tuberositas wurde in 3 Fällen, eine superiore Migration der Tuberositas in 2 Fällen beobachtet; 4 der 5 Patienten waren jedoch mit voller aktiver Extension des Kniegelenks asymptomatisch.

Mendes et al. [33] untersuchten die klinischen Ergebnisse von 67 Revisionsknieendoprothesen, bei denen eine additive Osteotomie der Tuberositas tibiae als erweiterter Zugang durchgeführt worden war. Die Fixation der 8–10 cm langen Osteotomie mit proximaler Stufe erfolgte mittels 3–6 Stahlcerclagen. Nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitpunkt von 30 Monaten verbesserte sich der durchschnittliche KSS-Score („Knee Society Score“) von 56 auf

86 Punkte. 62 von 67 Patienten zeigten eine zufrieden stellende Heilung (93%). Kleinere Komplikationen wurden bei 20 Patienten (30%) gefunden. Diese hatten jedoch keinen Einfluss auf das finale Ergebnis. Bei 5 Patienten kam es zu einer ersten Komplikation (7%). Diese bestanden aus einer Pseudarthrose in 2 Patienten (3%), einem postoperativen Extensionsdefizit bei 2 Patienten (3%) sowie einer Tibiafraktur 6 Wochen postoperativ während einer erforderlichen Narkosemobilisation.

Insbesondere wenn die Osteotomie ohne die entsprechende Stufe am proximalen Abschnitt durchgeführt wurde, werden in der Literatur trotz der guten klinischen Resultate in bis zu einem Drittel der Fälle Migrationen der Tuberositas tibiae beschrieben [47, 48].

Wolff et al. [47] beschrieben die klinischen Ergebnisse nach Revisionsendoprothetik des Kniegelenks unter Einsatz einer Tuberositasosteotomie als Zugang. 22 Patienten wurden durchschnittlich 3 Jahre und 4 Monate nach durchgeführter Operation nachuntersucht. Alle Osteotomien waren zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungszeitpunktes geheilt. Allerdings wurden in 21% der Patienten sog. „Major-Komplikationen“ gefunden, welche in Relation mit der Operationstechnik standen.

Young et al. [48] berichteten in ihrer retrospektiven Studie über die Ergebnisse bei Tuberositasosteotomien im Rahmen der Revisionsendoprothetik des Knie-

gelenks. Nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitpunkt von 8 Jahren zeigten sich signifikant verbesserte Ergebnisse im KSS. Lediglich 1 Patient entwickelte eine Pseudarthrose, welche eine Revisionsoperation erforderlich machte. Allerdings wurde bei 29% der Patienten eine proximale Migration der Tuberositas tibiae in den postoperativen Röntgenkontrollen gefunden. Diese Komplikation wurde insbesondere im Zusammenhang mit der Durchführung eines additiven „lateral release“ gefunden. Auch wenn die Migration der Tuberositas tibiae den Autoren nach nicht den schädlichen Effekt bezüglich eines persistierenden Streckdefizits mit sich brachte, wie von Wolff et al. [47] berichtet, zeigt es doch, welchen Stellenwert die adäquate Technik und ein entsprechendes Nachbehandlungsschema auf das Ergebnis haben können.

Weitere beschriebene Komplikationen im Zusammenhang mit der Tuberositasosteotomie als Zugang im postoperativen Verlauf sind Tibiaschaftfrakturen [1, 38]. Auch wenn diese nicht ausschließlich mit der Osteotomie im Zusammenhang stehen, sondern auch mit der Länge des gewählten tibialen Prothesenstils im Bezug auf die Osteotomie, zeigen sie doch, dass es durch die Osteotomie zu einer zusätzlichen Schwächung der tibialen Knochenstrukturen kommt, welche besonders in der frühen postoperativen Phase entsprechend berücksichtigt werden muss.

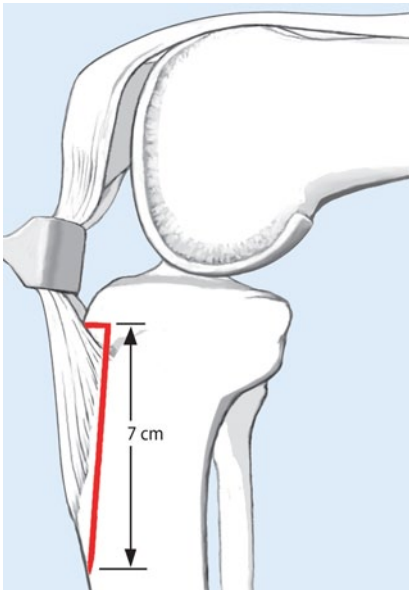
Anhand der vorhandenen Literatur wurden von Sonnenberg et al. [50] im Rahmen eines systematischen Reviews Empfehlungen in Bezug auf die Durchführung einer additiven Osteotomie der Tuberositas tibiae im Rahmen der Knieendoprothetik präsentiert. Nach Durchsicht von über 4000 Artikeln konnten lediglich 18 Artikel eingeschlossen werden. Insgesamt wurden damit 823 primäre knieendoprothetische Eingriffe mit additiver Tuberositasosteotomie sowie 383 revisionsknieendoprothetische Eingriffe mit additiver Osteotomie der Tuberositas tibiae evaluiert.

In den Ergebnissen wurde in 61 Fällen die Osteotomie über einen anterolateralen Zugang durchgeführt, in allen anderen Fällen erfolgte ein anteromedialer Zugang. Die Länge der Osteotomie variierte von in den meisten Arbeiten zwischen 7 und 10 cm. Für die Refixation der Tuberositas tibiae wurden Schrauben, Cerclagen, Polyester Nähte oder Kombinationen verwendet. Die meisten Autoren erlaubten eine direkte Vollbelastung der operierten Extremität, in 290 Fällen wurde allerdings additiv für 6 Wochen eine Streckeschiene eingesetzt.

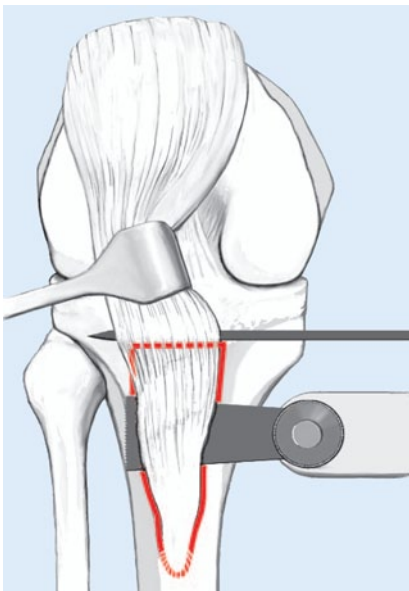
Fast alle Arbeiten konnten postoperativ eine Verbesserung der Beweglichkeit und Kniefunktion evaluieren. In 8,9% der Fälle kam es zu einer Komplikation. Die häufigsten Komplikationen waren die proximale Migration der Tuberositas tibiae, Avulsionsfrakturen der Tuberositas

Hier steht eine Anzeige.





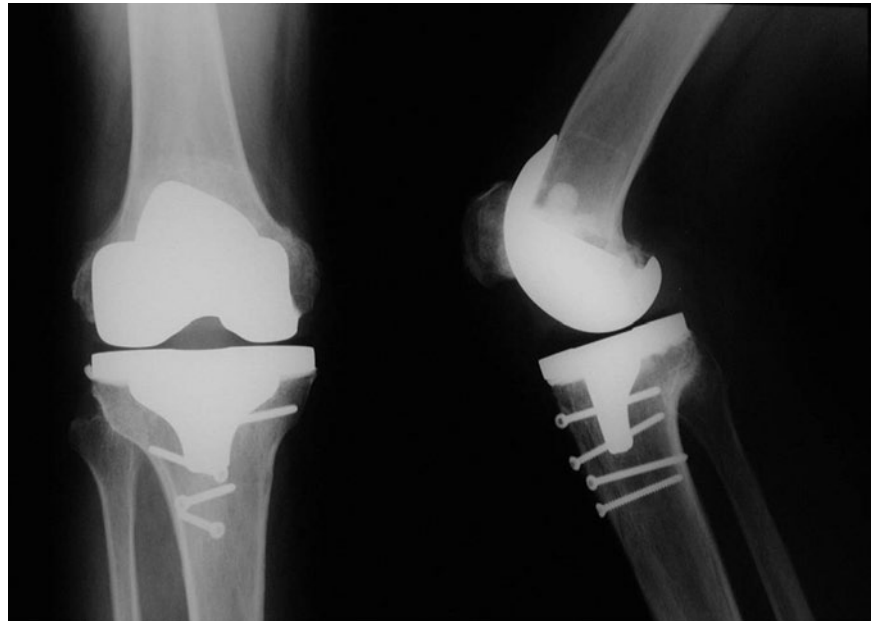
**Abb. 1** ▲ Proximal stufenförmige, distal flach auslaufende Osteotomie (rot): Die horizontale Osteotomie befindet sich unmittelbar proximal des Ansatzes des Lig. patellae. Dieses wird mit einem Langenbeck-Retraktor nach ventral gehalten



**Abb. 2** ▲ Reihenfolge und Durchführung der Osteotomien: Zuerst erfolgt das Anlegen der Stufe mit einem 7 mm breiten Lambotte-Meißel, danach die frontale Osteotomie mit der oszillierenden Säge

oder mit der Osteotomie im Zusammenhang stehende Knieschmerzen.

Basierend auf diesen Ergebnissen sollte nach Angaben der Autoren die Länge der Osteotomie mindestens 4 cm betragen und mit einem großen muskuloepiostalen Lappen durchgeführt werden,



**Abb. 3** ▲ Mit 4 Schrauben refixierte Tuberositas tibiae: Bei postarthritischer Gonarthrose und nahezu völliger Einsteifung des Kniegelenks war in diesem Falle für den Zugang zur primären Endoprothese eine Tuberositasosteotomie erforderlich

um das Risiko einer Pseudarthrose, einer Wundnekrose oder Infektion zu minimieren und um die Refixation zu erleichtern. Die Dicke sollte im Bereich der Tuberositas 1–2 cm betragen, um einer Fragmentierung (insbesondere bei osteoporotischem Knochen) vorzubeugen.

Für die Nachbehandlung empfehlen die Autoren für 6 Wochen Vollbelastung in einer Streckschiene. Bezüglich der Limitierung der Flexion wird allerdings keine Empfehlung gegeben, da keine der Arbeiten auf diesen Punkt eingeht. Ein additives „lateral release“ wurde mit einer erhöhten Versagensrate des Streckapparats in Verbindung gebracht und sollte, nach Ansicht der Autoren, nur mit Vorsicht eingesetzt werden.

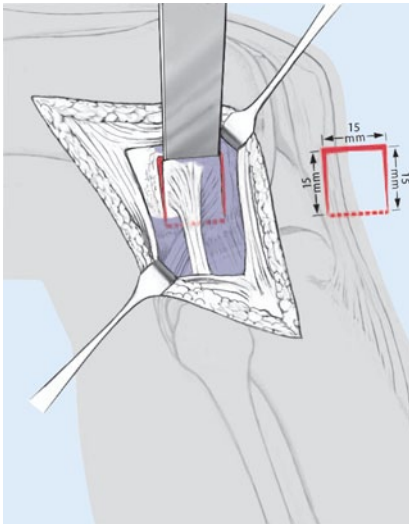
### Operative Technik zur Osteotomie der Tuberositas tibiae

Wir beschreiben die Technik für die in unserem Krankengut häufigste Indikation, den Zugang zum Kniegelenk bei Revisionsalloarthroplastik beim kontrakten Gelenk mit fibrosierter Gelenkkapsel und immobilisierter Patella. Die alte in der Regel medialeseitige parapatellare Narbe wird wieder eröffnet und nach distal verlängert. Der Schnitt endet 8 cm distal des Ansatzes des Lig. patellae.

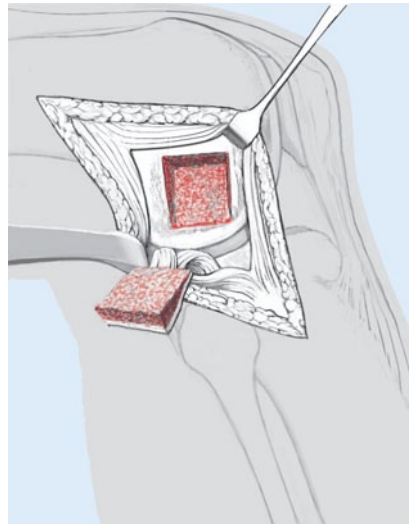
Die Osteotomie erfolgt auf 5–7 cm Länge nach distal, in Richtung der Tibiavorderkante flach auslaufend aber proximal mit einer 7 mm breiten horizontalen Stufe (■ **Abb. 1**). Dabei wird diese Stufe unter Weghalten des Lig. patellae nach vorne mit einem 7 mm breiten Lambotte-Meißel in mediolateraler Richtung angelegt. Der lange Schenkel der Osteotomie in der Frontalebene wird ebenfalls von medial nach lateral mit der oszillierenden Säge durchgeführt (■ **Abb. 2**).

Auf eine ausreichende Länge (5–7 cm) und Dicke (1,0–1,5 cm) des Tuberositasfragments ist unbedingt zu achten, um später eine adäquate Refixation der Tuberositas tibiae durchführen zu können. Das laterale Periost wird, wenn möglich, zum Erhalt der Durchblutung und zur Verbesserung der mechanischen Stabilität erhalten [12]. Für eine sichere spätere Refixation ist eine genügend breite und stabile horizontale Stufe entscheidend, da die Tuberositas durch das Lig. patellae mit großer Kraft nach proximal gezogen wird.

Bei Revisionsfällen mit vorgängiger tiefer Tibiaresektion und entsprechend dickem Prothesenplateau kann es erforderlich sein, das Tuberositasfragment bis an die Tibiabasisplatte heranreichen zu lassen. In solchen Fällen wird nur eine



**Abb. 4** ▲ Kastenförmige Osteotomie des Epicondylus femoris lateralis mitsamt den Ansätzen von Lig. collaterale laterale und Sehne des M. popliteus: Die Seitenlänge des kastenförmigen Knochenstücks beträgt 15 mm, seine Dicke 5–7 mm. Die Osteotomie parallel zur Gelenklinie wird unmittelbar unter der Ansatzzone des M. popliteus ohne Verletzung dieser Sehne und ohne Tangierung des Außenbandes mit einem 5-mm-Lambotte-Meißel von ventral nach dorsal ausgeführt



**Abb. 5** ▲ Wegklappen des Epicondylus lateralis femoris mit den anhängenden Band- und Sehnenstrukturen nach distal. Der Blick in den lateralen Gelenkspalt ist frei

einzigste Osteotomie in der Frontalebene gesagt. Das Tuberositasfragment stützt sich später nach kranial an der Tibiabasisplatte der neuen Knieprothese ab.

Die Refixation erfolgt mittels drei oder vier 3,5-mm-Kortikalisschrauben, welche mit oder ohne Metallunterlegscheiben je nach Knochenqualität in Zugschraubentechnik durch die Tuberositas medial und lateral am Stiel der Prothese vorbei in die Tibia eingebracht werden (■ **Abb. 3**). Diese Schrauben müssen sicher die hintere Tibiakortikalis erfassen. Nur so wird das Tuberositasfragment genügend fest auf die Osteotomiefläche komprimiert. Zusammen mit dem Widerlager durch die proximale Stufe ergibt sich eine solide und gegen Zug des Lig. patellae resistente Befestigung. Dies erlaubt in den ersten 4 Wochen eine Bewegungsfreigabe auf 0–70° und bis zu 90° in der 5. und 6. Woche für geführte Bewegungsübungen. Für 6 postoperative Wochen darf Sohlenkontakt erfolgen. Ein gut amodellierter, abnehmbarer Oberschenkel Tutor schützt die einheilende Tuberositas während dieser Zeit. Die frühzeitige Bewegung innerhalb der

genannten Grenzen ist für die spätere Funktionsfähigkeit des Kniegelenks entscheidend.

Im Vergleich zur Literatur ist diese postoperative Nachbehandlung mit Sohlenkontakt über einen Zeitraum von 6 Wochen restriktiv [12, 14, 32, 37, 43, 46, 48]. Sie erscheint uns aber im Hinblick auf die unseres Erachtens nach sehr ernste Komplikation des Versagens der Refixation wichtig, da ein Ausriss der Tuberositas im postoperativen Verlauf häufig zu einem fragmentierten Tuberositasstück führt, was bei der folgenden Revisionsoperation zu erheblichen Problemen bezüglich einer erneuten Refixation führen kann.

Sollte es notwendig sein, eine tibiale Komponente mit einem langen zementierten Stiel (etwa bei einem Prothesenspätkontakt) auszubauen, kann die Osteotomie der Tuberositas die Zemententfernung und die Entfernung der Komponente vereinfachen [32]. Dabei ist bei der Osteotomie die entsprechende Länge des Stiels zu berücksichtigen. In Fällen einer ausgeprägten Patella baja ist durch eine Proximalisierung der Tuberositas tibiae eine Korrektur der Patellahöhe möglich [43]. In solchen Fällen ist die entsprechende präoperative Planung der Osteotomie essentiell.

Unsere Methode der Tuberositasosteotomie ähnelt der von Van den Broek be-

schriebenen Technik der „Step-cut-Osteotomie“ [43]. Andere Osteotomietechniken wurden ebenfalls mit guten klinischen Resultaten beschrieben [12, 14, 32, 37, 46].

### Osteotomie des Epicondylus femoris lateralis zur Exposition des Kniegelenks

Die Osteotomie des lateralen femoralen Epikondylus ist eine zunächst von Hughston u. Jacobson [24] beschriebene Technik zur Exposition der posterolateralen Ecke des Knies. Bowers u. Hoffmann [5] beschrieben die Osteotomie des lateralen femoralen Epikondylus als extensiven Zugang zum lateralen Gelenk mit direkter Sicht auf die posteriore laterale Femurkondyle und das posterolaterale Tibiaplateau zur Behandlung von Gelenkverletzungen und -erkrankungen via Arthrotomie.

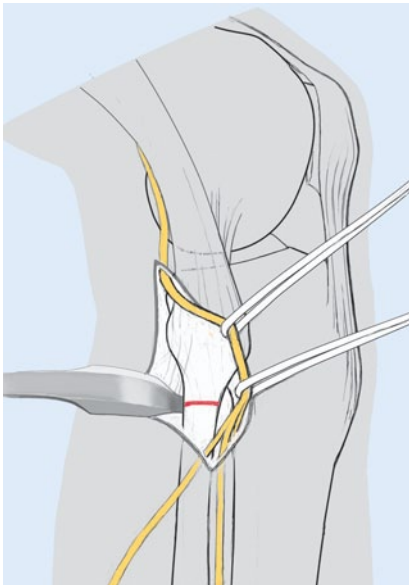
Die Autoren haben den beschriebenen Zugang erfolgreich für einen Patienten mit intraartikulärer Verletzung der lateralen Femurkondyle, sowie bei einem weiteren Patienten mit einer Verletzung des lateralen Tibiaplateaus eingesetzt. Auch wenn die Behandlung in den meisten Fällen arthroskopisch erfolgen kann, sehen die Autoren in Einzelfällen zur Behandlung von Läsionen des posterioren Tibiaplateaus bzw. des posterioren Aspektes der lateralen Femurkondyle die Indikation für die Osteotomie des lateralen Epikondylus.

Eine weitere Indikation zur Osteotomie des Epicondylus femoris lateralis sehen wir in der allogenen Meniskustransplantation zur Behandlung der symptomatischen Früharthrose des lateralen Gelenkkompartiments des jungen Patienten nach Verlust des Außenmeniskus. Die Meniskustransplantation erfolgt zunehmend unter Sicht des Arthroskops. Dies ist ein technisch sehr anspruchsvolles Verfahren. Die offene Vorgehensweise ist einfacher und erlaubt eine präzise und sichere knöchernen Verankerung von Vorderhorn und Hinterhorn des Transplantats.

Das operative Vorgehen wurde von Verdonk et al. [44] übernommen, modifiziert und unsere Technik 2006 von Dienst u. Kohn [13] beschrieben. Unsere Osteotomietechnik führt zu einem recht-



**Abb. 6** ▲ Der Knochenkasten und damit die Ansätze von Außenband und M. popliteus sind refixiert (6,5-mm-Spongiosazugschraube mit Unterlegscheibe). Über einer Lochscheibe (Pfeil) wurden die Armierungsfäden von Hinter- und Vorderhorn eines Außenmeniskustransplantats verknüpft. (Aus [13])



**Abb. 7** ▲ Osteotomie des Collum fibulae nach Darstellung und Beiseitehalten des N. fibularis nach vorne: Nach Kapsulotomie der ventralen Kapsel des Tibiofibulargelenks kann das Caput fibulae nach dorsal weggeklappt werden und der Blick auf den dorsolateralen Tibiakopf wird frei

eckigen Knochenblock und erlaubt so im Gegensatz zu dem von Verdonk beschriebenen Verfahren eine rotationssichere Refixation.

Am leicht gebeugten Kniegelenk erfolgt ein leicht nach ventral geschwungener Hautschnitt über dem gut tastbaren dorsalen Rand des Tractus iliotibialis. Der Schnitt beginnt 5 cm proximal des



**Abb. 8** ▲ Zustand nach Osteosynthese einer Tibiakopffraktur und Refixation des Caput fibulare nach Osteotomie mit einer Schraube. (Mit freundl. Genehmigung von Prof. Dr. Philipp Lohenhoffer)

oberen Patellarpols und endet 1 cm anterior und distal des Caput fibulae. Nach Spaltung des Tractus iliotibialis in Faserichtung auf die gesamte Schnittlänge und Darstellung des Epicondylus femoralis lateralis mit dem Ansatz des Außenbandes und der Sehne des M. popliteus erfolgt das schrittweise Abmeißeln des Epicondylus mit Lambotte-Meißeln. Die osteotomierte Knochenscheibe sollte eine Dicke von 5–8 mm haben (▣ Abb. 4). Auf die Schonung des Knorpelüberzugs des Condylus lateralis ist unbedingt zu achten. Die Herstellung einer Sollbruchstelle durch Einschlagen eines dünnen Meißels parallel zur Knorpel-Knochen-Grenze ist dafür entscheidend.

Nach Abklappen der Knochenschuppe unter leichtem Varusstress und leichter Knieflexion kann dann das Gelenk und der Außenmeniskus gut eingesehen werden (▣ Abb. 5). Die Refixation des Epicondylus mit den anhängenden Band- und Sehnenstrukturen erfolgt mittels einer 6,5-mm-Spongiosazugschraube mit Unterlegscheibe (▣ Abb. 6).

Diese Osteosynthese ist übungsstabil und erlaubt eine freie Beweglichkeit des Kniegelenks. Für 6 postoperative Wochen

ist Sohlenkontakt angezeigt. Zum Schutz vor unbeabsichtigtem Varusstress auf das Gelenk muss – abhängig von der Art der durchgeführten operativen Versorgung – ein Oberschenkel Tutor oder eine Beinorthese mit beweglichem Knie segment getragen werden.

## Osteotomie des Fibulaköpfchens

Frakturen des Tibiaplateaus bedürfen bei Impression oder Stufenbildung der tibialen Gelenkfläche einer operativen Versorgung. Sie sind das Resultat der Kombination einer axialen Belastung mit einer Valguskraft [49]. Die Fraktur liegt nicht selten im posterolateralen Bereich des Tibiaplateaus, einer Region, die durch einen weichteiligen Zugang schwer darstellbar ist.

► Ein erweiterter lateraler Zugang mit Osteotomie des Fibulaköpfchens kann die Übersicht erheblich verbessern.

Tscherne et al. [42] entwickelten einen solchen „erweiterten lateralen Zugang“ mittels Fibulaosteotomie zur Exposition von posterolateralen Frakturen des lateralen Tibiaplateaus. Bei dem beschriebenen Zugang wird nach Darstellung des N. peroneus und Weghalten des Nervs nach ventral das Collum fibulae quer osteotomiert (▣ Abb. 7). Danach lässt sich das Caput fibulae nach Inzision des ventralen Anteils der Kapsel des proximalen tibiofibularen Gelenks nach dorsal und lateral rotieren. Dies ermöglicht eine komplette Darstellung des posterolateralen Tibiaplateaus.

Die Refixation des Fibulaköpfchens erfolgt in der Regel mittels Zugschraube oder Zuggurtung (▣ Abb. 8). Auf eine Fixierung des proximalen Tibiofibulargelenks kann in den meisten Fällen verzichtet werden, ggf. kann es temporär mit einem umgebogenen Spickdraht transfixiert werden. Das Lig. meniscotibiale, die Extensorenfaszie und ggf. der Tractus iliotibialis werden mit transossären Nähten an der proximalen Tibia refixiert [30].

Die postoperative Nachbehandlung ist in hohem Maße abhängig von dem vorliegenden Ausmaß der Tibiafraktur und den begleitenden Bandverletzungen. In



der Regel erfolgt in den ersten postoperativen Tagen eine Bewegungstherapie mittels CPM-Schiene zwischen 0 und 40° Flexion. Diese sollte, falls es die Begleitverletzungen der Bänder zulassen, in den nächsten Tagen auf 0–90° gesteigert werden. Je nach Schweregrad der Fraktur ist eine partielle Belastung des operierten Beins zwischen 15 und 30 kg möglich. Die volle Belastung erfolgt nach entsprechender Konsolidierung der Fraktur nach 12–16 Wochen [42].

Die Technik ist mit einer geringen Komplikationsrate in der Literatur beschrieben [30]. Allerdings ist dieser Zugang theoretisch mit einem erhöhten Risiko einer Läsion des N. peroneus assoziiert [49]. Des Weiteren ist für die Refixation des Fibulaköpfchens eine Osteosynthese notwendig und ggf. eine erneute Osteotomie im Falle einer Implantatentfernung an der Tibia [49].

Yu et al. [49] beschrieben die Ergebnisse nach operativer Versorgung von Frakturen des posterolateralen Tibiaplateaus über einen Zugang mit Osteotomie und partieller Resektion des Caput fibulae. 82 Patienten wurden nach wenigstens 2 Jahren nachuntersucht.

Bei dem lateralen Zugang wurde der Tractus iliotibialis nach longitudinaler Spaltung vom Tuberculum gerdi abgeloöst. Die Exposition des lateralen tibiofibularen Gelenks erfolgte zunächst durch Inzision des meniskotibialen Ligaments mit Retraktion des Meniskus nach superior. Um die posterolateralen Anteile des Gelenks adäquat einsehen zu können, wurde das Fibulaköpfchen partiell oder in 2 Fällen komplett reseziert. Bei den partiellen Resektionen wurde das Fibulaköpfchen parallel zur artikulierenden Fläche osteotomiert. Dabei blieb die Integrität des posterioren tibiofibularen Ligaments erhalten. Das laterale Kollateralband wurde geschont.

Um eine Schädigung des N. peroneus zu vermeiden, erfolgt die Osteotomie und die Elevation des Periosts nur im Bereich des anteromedialen Teils des Fibulaköpfchens. Eine Darstellung des Nervs ist dabei, nach Angaben dieser Autoren [49], nicht notwendig.

In den Ergebnissen zeigten die Patienten eine durchschnittliche Flexion von 130° mit voller Streckung und erreichten

gute Resultate sowohl im funktionellen, als auch im anatomischen Rasmussen-Score. Bei 4 Patienten zeigte sich postoperativ ein positiver „Adduktionsstresstest“, welcher von den Autoren als eine varische Aufklappbarkeit in Beugung und Streckung von >5° definiert wird. Alle Patienten zeigten jedoch ein normales Gangbild ohne Deformität. Des Weiteren wurde im untersuchten Patientengut keine postoperative Rotationsinstabilität gefunden. Als weitere Komplikation wurde bei 2 Patienten ein subkutanes Hämatom beschrieben, welches adressiert werden musste. Bei einem Patienten entwickelte sich eine temporäre Parese des N. peroneus. Diese war jedoch innerhalb eines Monats komplett rückläufig.

Die Autoren schlossen aus ihren Ergebnissen, dass die partielle Resektion des Fibulaköpfchens zu keiner signifikanten Beeinflussung der Kniefunktion führt. Diese Aussage wird von anderen Arbeiten unterstützt [26, 27, 28, 39]. Die beschriebenen Komplikationen dieser Modifikation sind mit der in der Literatur beschriebenen geringen Komplikationsrate für die Osteotomie des Fibulaköpfchens ohne partielle Resektion vergleichbar [40]. Daher stellt diese Modifikation sicherlich eine Alternative zur isolierten Fibulaköpfchenosteotomie dar. Vor der Osteotomie des Fibulaköpfchens, unabhängig von der gewählten Technik, die wegen der Nähe des Peronealnerven nie unbedenklich sein kann, sollte in jedem Falle besonders kritisch geprüft werden, ob die Exposition nicht auch auf weniger invasivem Wege möglich ist [18, 19].

---

### Fazit für die Praxis

---

- Die Osteotomie der Tuberositas tibiae erlaubt in der Knieendoprothetik und insbesondere der Revisionsendoprothetik eine adäquate Darstellung des Kniegelenks in Fällen, in denen eine Exposition aufgrund von Kontrakturen und Vernarbungen gar nicht oder nur mit erhöhtem Risiko eines Patellarsehnenabrisses möglich wäre.
- Die Vorteile des Verfahrens im Vergleich zur VY-Plastik, dem „intervention turn-down“ oder dem „quadiceps snip“ liegen in der Schonung des Ex-

tensormechanismus mit einer biologisch günstigen Knochen-zu-Knochen-Heilung. Darüber hinaus kann die Osteotomie die Entfernung einer tibialen Komponente erleichtern. Ein Tiefstand der Kniescheibe kann korrigiert werden.

- Eine korrekte Durchführung der Osteotomie mit Erzeugung einer proximalen Abstützung, die sichere Fixierung der Tuberositas tibiae mit mindestens 3 kortikalen Zugschrauben, sowie die entsprechend abgestimmte postoperative Nachbehandlung sind die Voraussetzungen, um ein gutes postoperatives Resultat zu erzielen.
- Mit der Osteotomie des Epicondylus femoris lateralis gelingt ein übersichtlicher Zugang zum lateralen femorotibialen Gelenk mit direkter Sicht auf die posteriore laterale Femurkondyle und das posterolaterale Tibiaplateau. In selektiven Fällen kann dieser Zugang zur Behandlung von Läsionen des posterioren lateralen Tibiaplateaus bzw. des posterioren Aspekts der lateralen Femurkondyle indiziert sein. Eine weitere Indikation stellt die allogene Meniskustransplantation zur Behandlung der symptomatischen Früharthrose des lateralen Gelenkkompartiments des jungen Patienten nach Verlust des Außenmeniskus dar. Die passgenaue Reinsertion des ausgelösten Knochenstücks und die Befestigung mit einer Spongiosaschraube erlauben postoperativ eine freie Kniebeweglichkeit.
- Die Osteotomie des Fibulaköpfchens oder seine Teilresektion bietet eine Möglichkeit zur Exposition des dorso-lateralen Tibiakopfes und seiner Gelenkfläche. Das Verfahren findet in selektiven Fällen Anwendung, sollte aber wegen der Nähe des N. peroneus stets sehr sorgfältig erwogen und ausgeführt werden.

---

### Korrespondenzadresse

---

**Dr. O. Lorbach**

Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie, Universität des Saarlandes  
Kirrberer Straße, Geb. 38, 66421 Homburg (Saar)  
Olaf.lorbach@gmx.de

---



**Danksagungen.** Die Autoren möchten sich herzlich bei Herrn Prof. Dr. Philipp Lobenhoffer für die freundliche Überlassung der Abb. 8 bedanken. Des Weiteren danken die Autoren Herrn Kühn für Anfertigung der exzellenten Schemazeichnungen.

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- Arredondo J, Worland RL, Jessup DE (1998) Non-union after a tibial shaft fracture complicating tibial tubercle osteotomy. *J Arthroplasty* 13:958–960
- Barrack RL, Smith P, Munn B et al (1998) The Ranawat Award. Comparison of surgical approaches in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 356:16–21
- Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S (2001) Operative Zugangswege in der Orthopädie und Traumatologie, 3. Aufl. Thieme, Deutschland
- Bourne RB, Crawford HA (1998) Principles of revision total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 29:331–337
- Bowers AL, Huffman GR (2008) Lateral femoral epicondylar osteotomy: an extensile posterolateral knee approach. *Clin Orthop Relat Res* 466:1671–1677
- Burki H, von Knoch M, Heiss C et al (1999) Lateral approach with osteotomy of the tibial tubercle in primary total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 362:156–161
- Cadambi A, Engh GA (1992) Use of a semitendinosus tendon autogenous graft for rupture of the patellar ligament after total knee arthroplasty. A report of seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 74:974–979
- Caldwell PE, Bohlen BA, Owen JR et al (2004) Dynamic confirmation of fixation techniques of the tibial tubercle osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 424:173–179
- Chalidis BE, Ries MD (2009) Does repeat tibial tubercle osteotomy or intramedullary extension affect the union rate in revision total knee arthroplasty? A retrospective study of 74 patients. *Acta Orthop* 80:426–431
- Coonse K, Adams JD (1943) A new operative approach to the knee joint. *Surg Gynecol Obstet* 77:344–347
- Davis K, Caldwell P, Wayne J, Jiranek WA (2000) Mechanical comparison of fixation techniques for the tibial tubercle osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 380:241–249
- Deane CR, Ferran NA, Ghandour A, Morgan-Jones RL (2008) Tibial tubercle osteotomy for access during revision knee arthroplasty: ethibond suture repair technique. *BMC Musculoskelet Disord* 9:98
- Dienst M, Kohn D (2006) Allogenic meniscus transplantation. *Oper Orthop Traumatol* 18:463–480
- Dolin MG (1983) Osteotomy of the tibial tubercle in total knee replacement. A technical note. *J Bone Joint Surg Am* 65:704–706
- Doolittle KH, Turner RH (1988) Patellofemoral problems following total knee arthroplasty. *Orthop Rev* 17:696–702
- Emerson RH Jr, Head WC, Malinin TI (1990) Reconstruction of patellar tendon rupture after total knee arthroplasty with an extensor mechanism allograft. *Clin Orthop Relat Res* 260:154–161
- Emerson RH Jr, Head WC, Malinin TI (1994) Extensor mechanism reconstruction with an allograft after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 303:79–85
- Frosch KH, Balcarek P, Walde T, Sturmer KM (2010) A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 24:515–520
- Frosch KH, Balcarek P, Walde T, Sturmer KM (2010) A modified posterolateral approach for the treatment of tibial plateau fractures. *Oper Orthop Traumatol* 22:107–119
- Fujikawa K, Ohtani T, Matsumoto H, Seedhom BB (1994) Reconstruction of the extensor apparatus of the knee with the Leeds-Keio ligament. *J Bone Joint Surg Br* 76:200–203
- Garvin KL, Scuderi G, Insall JN (1995) Evolution of the quadriceps snip. *Clin Orthop Relat Res* 321:131–137
- Hoppenfeld S, deBoer P, Buckley R (2009) Surgical exposures in orthopaedics: the anatomic approach. 4th edn. Lippincott Williams & Wilkins
- Hube R, Reichel H (2003) Modular revision systems in total knee arthroplasty. Possibilities and techniques. *Orthopäde* 32:506–515
- Hughston JC, Jacobson KE (1985) Chronic posterolateral rotatory instability of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 67:351–359
- Insall JN (1984) Surgical approaches to the knee. In: Insall JN. *Surgery of the knee*, 2nd edn. Churchill Livingstone, New York
- Jerosch J, Filler T, Peuker E (2000) Is there an option for harvesting autologous osteochondral grafts without damaging weight-bearing areas in the knee joint? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8:237–240
- Jerosch J, Filler TJ, Peuker ET (2002) The cartilage of the tibiofibular joint: a source for autologous osteochondral grafts without damaging weight-bearing joint surfaces. *Arch Orthop Trauma Surg* 122:217–221
- Kapoor V, Theruvil B, Britton JM (2004) Excision arthroplasty of superior tibiofibular joint for recurrent proximal tibiofibular cyst. A report of two cases. *Joint Bone Spine* 71:427–429
- la Valle CJ, Berger RA, Rosenberg AG (2004) Surgical exposures in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 446:59–68
- Lobenhoffer P, Gerich T, Bertram T et al (1997) Particular posteromedial and posterolateral approaches for the treatment of tibial head fractures. *Unfallchirurg* 100:957–967
- Lynch AF, Rorabeck CH, Bourne RB (1987) Extensor mechanism complications following total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2:135–140
- Maruyama M (1997) Tibial tubercle osteotomy in revision total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 116:400–403
- Mendes MW, Caldwell P, Jiranek WA (2004) The results of tibial tubercle osteotomy for revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 19:167–174
- Partington PF, Sawhney J, Rorabeck CH et al (1999) Joint line restoration after revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 367:165–171
- Piedade SR, Pinaroli A, Servien E, Neyret P (2008) Tibial tubercle osteotomy in primary total knee arthroplasty: a safe procedure or not? *Knee* 15:439–446
- Rand JA, Morrey BF, Bryan RS (1989) Patellar tendon rupture after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 244:233–238
- Ries MD, Richman JA (1996) Extended tibial tubercle osteotomy in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 11:964–967
- Ritter MA, Carr K, Keating EM et al (1996) Tibial shaft fracture following tibial tubercle osteotomy. *J Arthroplasty* 11:117–119
- Russell TA, Kumar A, Davidson RL et al (1996) Fibular head autograft. A salvage technique for severely comminuted lateral fractures of the tibial plateau: report of five cases. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 25:766–771
- Solomon LB, Stevenson AW, Baird RP, Pohl AP (2010) Posterolateral transfibular approach to tibial plateau fractures: technique, results, and rationale. *J Orthop Trauma* 24:505–514
- Trousdale RT, Hanssen AD, Rand JA, Cahalan TD (1993) V-Y quadricepsplasty in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 286:48–55
- Tscherne H, Lobenhoffer P (1993) Tibial plateau fractures. Management and expected results. *Clin Orthop Relat Res* 292:87–100
- van den Broek CM, van Hellemond GG, Jacobs WC, Wymenga AB (2006) Step-cut tibial tubercle osteotomy for access in revision total knee replacement. *Knee* 13:430–434
- Verdonk PC, Demurie A, Almqvist KF et al (2006) Transplantation of viable meniscal allograft. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 88(Suppl 1 Pt 1):109–118
- Whiteside LA (1995) Exposure in difficult total knee arthroplasty using tibial tubercle osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 321:32–35
- Whiteside LA, Ohl MD (1990) Tibial tubercle osteotomy for exposure of the difficult total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 260:6–9
- Wolff AM, Hungerford DS, Krackow KA, Jacobs MA (1989) Osteotomy of the tibial tubercle during total knee replacement. A report of twenty-six cases. *J Bone Joint Surg Am* 71:848–852
- Young CF, Bourne RB, Rorabeck CH (2008) Tibial tubercle osteotomy in total knee arthroplasty surgery. *J Arthroplasty* 23:371–375
- Yu B, Han K, Zhan C et al (2010) Fibular head osteotomy: a new approach for the treatment of lateral or posterolateral tibial plateau fractures. *Knee* 17:313–318
- Zonnenberg CB, Lisowski LA, van den Bekerom MP, Nolte PA (2010) Tuberositas osteotomy for total knee arthroplasty: a review of the literature. *J Knee Surg* 23:121–129